Chinese Agron. J. 13 : 127-139 (2003)
Chinese Society of Agronomy © 2003

米飯質地品種間之表現及其與食味間之關係

吳永培[1] 黃懿秦[2] 許愛娜[3]

[1]農業試驗所嘉義分所農藝系

[2]國立台灣大學農藝系

[3]行政院農業委員會台中區農業改良場

摘要：本研究以54個水稻品種爲材料，探討印度型、日本型稻間或不同來源之品種群間米飯質地之差異及其與食味間之關係，結果發現印度型、日本型稻間米飯質地特性有顯著之不同，其中粘性、均衡性及附著性均以日本型稻表現較高，而硬度、凝集性及彈力性則以印度型稻表現較高。又比較日本稻、台灣日本型稻、IRRI稻、台灣印度型稻及美國稻等五種不同來源之水稻品種，顯示在米飯質地特性上不同來源之水稻品種間有差異存在；而在印度型稻分析中，食味總評與米飯質地特性之粘性、均衡性、附著性、粘著性及食味結構指數均呈顯著正相關，而與硬度、凝集性、彈力性、粘結性及咀嚼性均呈顯著負相關；日本型稻中除凝集性及彈力性與食味總評相關不顯著外，其餘分析結果與印度型稻相同。進行米飯質地特性與食味總評值間之逐步迴歸分析發現在印度型稻及日本型稻中，米飯質地特性其食味模式R^2值分別爲0.61及0.45。

關鍵詞：米飯質地、食味、水稻

Studies on the steamed rice texture among rice varieties and its relationship to palatability

Yong-Pei WU[1], Yih-Ching Huang[2] and Ai-Na Hsu[3]

[1] Department of Agronomy, Chiayi Agricultural Experiment Station. ChiaYi, Taiwan, ROC.

[2] Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.

[3] Taichung District Agricultural Improvement Station, Changhua , Taiwan, ROC.

Abstract. Twenty four indica and thirty japonica rice varieties were used in this study. The main objectives of this study were to determine: 1. the differences of steamed rice texture between indica and japonica rice varieties and the differences among the five different sources of rice varieties (Japanese rice, Taiwanese japonica rice, IRRI rice, Taiwan-

ese indica rice, American rice). 2. the relationships between steamed rice texture and its palatability

The results obtained by simple correlation analyses between the steamed rice texture and palatability were summerized as the following:

1. The viscousness, balance, adhesiveness of steamed rice texture were found to be significantly higher in japonica rice varieties than that in indica rice varieties, whereas the hardness, cohesiveness, springiness of indica rice varieties were higher than that of japonica rice varieties.
2. All of the steamed rice texture traits were significantly different among these five sources of rice. It indicated that the cooking quality of Japanes rice was the best compared with the other four sources of rice, and the IRRI and Taiwanes indica rice were the worst.
3. The overall sensory evaluation of palatability were positively correlated with viscousness, balance, adhesiveness, stickiness and textural palatability index of steamed rice texture and negatively correlated with hardness, cohesiveness, springness, gumminess and chewiness of steamed rice texture of indica rice varieties. No correlation was found between the overall sensory evaluation and the cohesiveness and springiness, and rest of steamed rice texture characters showed the same relationships as in indica rice varieties with overall sensory evaluation.
4. The results of stepwise regression analysis indicated that the R^2 values of eating quality equations were 0.61 and 0.45 for steamed rice texture traits in indica and japonica rice varieties, respectively.

Keywords: steamed rice texture, palatability, rice.

前　言

國產稻米的消費主要係以米飯食用為主，而其口感的好壞則決定是否可被接受或拒絕，一般米飯口感常以食味官能品評結果做為評估食味良劣及代表消費者的反應。然由於食味官能品評的受制因素頗多，須藉助與食味測定有關之儀器或理化特性等分析方能掌握食味之變化，而食味良劣評估主要有二大途徑，一是經由物理特性分析來進行；一是利用化學特性分析來達成，前者多係利用日人研製之米飯質地分析儀(texturometer)及Brabender連續黏度測定儀來測定，即利用米飯質地及澱粉黏度特性之差異來解析食味的變化。而後者主要分析與食味關係密切之化學特性，諸如直鏈澱粉、蛋白質及脂肪酸等項目，即利用化學特性表現之差異來解釋食味的變化。而根據堀末(1983)指出化學特性約可解釋70%之食味變異，且米飯質地特性的重要性並不亞於化學特性的論點來看，如能配合化學及物理特性的分析，對食味變異的掌握應可更形提升。

影響品種食味良劣的理化因子相當多，其中與化學性質有關連者有：水分、蛋白質、貯藏性蛋白質、胺基酸、無機成分、直鏈澱粉、脂肪、脂肪酸、有機酸、抽出物酸度及澱粉特性等會影響食味好壞（吳等，2000；吳等，1999；許，1994；劉等，1988; Chikubu *et al*., 1983），而與物理特性有關者為米飯質地及澱粉之黏度特性（許，1994；許和吳，1998；許等1997），其中以與化學特性關聯的直鏈性澱粉及蛋白質與食味間的關係最受重視（劉等，1988），然因此二項特性無法充分解釋食味差異的原因，近年來許多學者開始針對米飯質地(Okabe, 1979)、黏度特性

（許等，1997；許和吳，1998）、貯藏性蛋白質（吳等，1999）等對食味的影響及其利用在食味良劣推定之可行性加以探討，期能累積相關研究成果供推定食味變化利用。

所謂米飯質地分析儀是模擬人類口腔咀嚼運動方式所設計發展出來，是一種將米飯構造進行數值化測量之機器，其可測量如硬度(hardness)、粘性(viscousness)、均衡性(balance)、凝集性(cohesiveness)、附著性(adhesiveness)、彈力性(springiness)、粘結性(gumminess)、咀嚼性(chewiness)、粘著性(stickiness)、食味結構指數(textural palatability index)等十項。目前國外已有數篇應用此機器之研究報告，結果指出米飯質地中的硬度(Suzuki, 1979)、粘性及均衡性與食味有相關存在(Okabe, 1979)，而以硬度和粘性值繪製之食味喜好性的米飯質地圖(texturogram)，其不但可用於食味表現不同之品種群判別用，且非糯稻品種間亦有相當的差異存在，以均衡性介於0.15~0.2之間時，其食味口感最佳(Okabe, 1979)。影響米飯質地特性因素頗多，不但品種間有相當的差異，一般非糯性紅米(red-kerneled)較非糯性白米之附著性低，但均衡性相對較高，且變異範圍較大(Matsue *et al.*, 1997)。至於印度型稻的咀嚼性（硬度 x 凝集性 x 彈力性）則遠高於日本型稻，但粘性卻以日本型稻最高，而日本型的陸稻次之，印度型稻最低。另千粒重與咀嚼性呈負相關，但與粘性呈正相關(Yamada and Ishikama, 1989)。再者，貯藏時間愈長，貯藏溫度愈高時硬度會增加，但粘性會降低。而米粒浸泡時間的長短、烹煮時之加水量多寡及蒸煮器具種類等均會影響機器測定值(Okabe, 1979; Okamoto *et al.*, 1992)。而氮(nitorgen)及無機成分鎂(magnesium)含量與鉀(potassium)之比值等均與粘性有相關(Okamoto *et al.*, 1992)。此外，穀粒的成熟度亦與硬度有關，過度成熟時硬度會較高，而粘性會降低，青米的硬度值會稍低，而粘性值略高(Matsue, 1998)。

由於米飯質地特性與食味間的關係十分密切，許和宋(1988a)利用5個日本型稻及3個印度型稻等國內主要栽培的品種進行研究，結果發現食味與硬度、凝集性呈負相關，而與粘性、均衡性、附著性則呈正相關，許(1994)以117個水稻品種的研究結果亦指出食味與硬度呈負相關，與粘性及均衡性則呈正相關，並與各項化學特性諸如直鏈澱粉、可溶性直鏈澱粉、最大吸收波長、總糖、脂肪及澱粉含量等存在不同程度的關係，顯示米飯質地特性與稻米品質間的關係十分密切，值得深入探討應用於評估食味良劣之可行性。

材料與方法

一、材料的製備

本試驗使用54個水稻品種爲材料，其中包含30個日本型品種、24個印度型品種，其品種名稱、代號與類型詳如表1所示。所有材料均於87年一期作種植於行政院農業委會嘉義農業試驗分所試驗田，每品種種植3行，每行25株，行株距爲25 x 20公分，合計種植75株，不設重複，栽培管理方式採用嘉義地區的慣行法。各品種於成熟適期收穫55株稻株，經調製成白米後供米飯質地及食味官能品評等分析用。收穫後的稻穀以50°C烘箱調製至水分含量14%左右，烘製後稻穀再以日製Satake脫穀機(Satake Co., Japan)礱成糙米，糙米以試驗用小型精米機(Yamamoto Co., Japan)碾成白米，樣品調製後均置於4°C冷藏櫃中備用。

二、米飯食味官能品評之調查

米飯官能品評係依據許與宋(1988c)之方法煮

Table 1. Rice varieties used in this experiment.

Entry No.	Type	Origin[a]	Variety name	Entry No.	Type	Origin[a]	Variety name
1	Japonica	A	Koshihikari	28	Japonica	B	Taichung 189
2	Japonica	A	Akitakomachi	29	Japonica	B	Taichung 178
3	Japonica	A	Nipponbare	30	Japonica	B	Kaohsiung 139
4	Japonica	A	Kinuhikari	31	Indica	C	IR8
5	Japonica	A	Hokuriku 100	32	Indica	C	IR26
6	Japonica	B	Taikeng 1	33	Indica	C	IR36
7	Japonica	B	Taikeng 2	34	Indica	C	IR50
8	Japonica	B	Taikeng 3	35	Indica	C	IR64
9	Japonica	B	Taikeng 4	36	Indica	C	IR72
10	Japonica	B	Taikeng 5	37	Indica	C	IR3941-25-1
11	Japonica	B	Taikeng 6	38	Indica	C	POKHARELI
12	Japonica	B	Taikeng 7	39	Indica	D	Taichung native 1
13	Japonica	B	Taikeng 8	40	Indica	D	TaichungSen 10
14	Japonica	B	Taikeng 9	41	Indica	D	ChianungSen 6
15	Japonica	B	Taikeng 10	42	Indica	D	ChianungSen 8
16	Japonica	B	Taikeng 11	43	Indica	D	ChianungSen 11
17	Japonica	B	Taikeng 13	44	Indica	D	TainungSen 12
18	Japonica	B	Taikeng 14	45	Indica	D	TainungSen 14
19	Japonica	B	Taikeng 15	46	Indica	D	TainungSen 18
20	Japonica	B	Taikeng 16	47	Indica	D	TainungSen 19
21	Japonica	B	Tainung67	48	Indica	D	TainungSen 20
22	Japonica	B	Tainung 68	49	Indica	D	TaichungSen 17
23	Japonica	B	Tainung 69	50	Indica	E	DELLA
24	Japonica	B	Tainung 70	51	Indica	E	LEMONT
25	Japonica	B	Chianung 242	52	Indica	E	L202
26	Japonica	B	Hsinchu 56	53	Indica	E	CALROSE 76
27	Japonica	B	Taipei 309	54	Indica	E	NATO

[a] A: Japanese rice; B: Taiwanese japonica rice; C: IRRI rice; D: Taiwanese indica rice; E: American rice.

飯，再分別調查米飯外觀(appearance)、香味(aroma)、口味(flavor)、黏性(cohesion)、硬性(hardness)與總評(overall sensory evaluation)等六項與對照品種台稉9號比較。各項食味官能評估值則經常態分數(normal score)轉換後供各項統計分析用。

三、米飯質地特性之測定

米飯質地特性係取白米10g放入100ml之小燒杯中，加水量在糯稻材料爲12公克、低直鏈澱粉含量者爲13.5g、中等及高直鏈澱粉含量者爲21公克。樣品浸水半小時後放入16人份TAC-10H大同電鍋中蒸煮，每次蒸煮共放入10杯樣品，外鍋並加水90ml，之後按下開關開始蒸煮，待開關自動跳起，燜30分鐘後取出燒杯，杯口以濕布覆蓋，蒸煮所得之米飯則供米質質地分析儀(Texturometer, Zenken Co., Japan)測定用。此外，儀器之感應器係採用直徑18mm者，至於鋁製測定皿規格爲內徑24mm，深度4mm；每回測定時皿內中央放置三粒米飯，電壓採用1.5伏特，測定米飯之硬度(H)、粘性(-H)、均衡性(-H/H)、

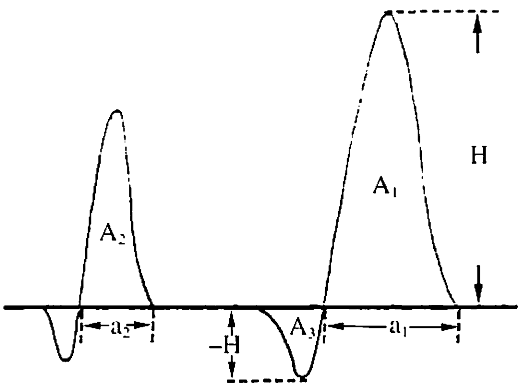

Fig. 1. A typical curve of Texturometer. H=hardness; -H=viscousness; =H/H=balance; A3=adhesiveness, A2/A1=cohesiveness; a2/a1=soringiness.

凝集性(A2/A1)、附著性(A3)、彈力性(a2/a1)、粘結性(H x A2/A1)、咀嚼性(H x A2/A1 x a2/a1)、粘著性(A3 x (-H))、食味結構指數(textural palatability index, H x A2/A1 x a2/a1 x $\sqrt{A3 \times (-H)}$)等十項（圖1），其單位爲儀器紀錄紙上之單位，其中硬度與粘性爲實測值 x 1.5V後所得之值。

四、統計方法

統計方析法係採用非成對t測驗來比較秈、稉稻平均值間之差異。至於日本稻、台灣稉稻、台灣秈稻、美國稻及IRRI稻五類型之米飯質地比較，則是先進行變方分析(analysis of variance)，倘變方分析中處理效應之差異性達顯著水準，再進行各類型稻之米飯質地之最小顯著差異值法(least significant difference, LSD)比較。再者，另依印度型稻、日本型稻分別進行米飯質地特性與食味官能品評特性間之簡單相關分析；並利用六個米飯質地特性對食味總評值進行逐步迴歸分析(stepwise regression analysis)，藉以了解以米飯質地特性評估食味模式之可行性，而逐步迴歸分析法係依Johnson and Wichern(1982)所述之原理及程序進行。並以SAS統計套裝軟體進行各項統計分析。

結 果

一、品種米飯質地特性之表現

米飯質地特性之測定結果如表2所示，在六個米飯質地特性中，硬度平均值爲4.51，以IR26(No.32)的8.57最大，而以TaichungSen 10(No.40)的2.66最低；粘性平均值爲0.14，以Taikeng 10(No.15)的0.38最高，其次爲Chianung 242(No.25)，而IR系列品種(No.31~36)、台農秈(TainungSen)系列品種(No.44~48)、TaichungSen 17(No.49)、LEMONT (No. 51)、L202(No.52)及CALROSE 76(No.53)均測到不粘性，即粘性爲0；均衡性則差異不大，最高爲0.09，最低爲0；凝集性、附著性及彈力性的平均值分別爲0.73、0.08、0.84；粘結性、咀嚼性、粘著性、食味結構指數爲上述米飯質地特性的延伸，其平均值分別爲3.32、2.81、0.10、0.23。

二、日本型及印度型稻間米飯質地之差異

日本型和印度稻食味官能品評特性及米理化特性平均值的t test比較結果如表3所示，在印度型與日本型稻米飯質地特性平均值之比較中，所有米飯質地特性在兩型稻間均有顯著之差異，其中日本型稻硬度之平均值爲3.99，顯著低於印度型稻之平均值5.16；粘性日本型稻之平均值爲0.22，顯著高於印度型稻之0.03；均衡性日本型稻之平均值爲0.05，亦顯著高於印度型稻之0.01；附著性日本型稻之平均值爲0.12，仍顯著高於印度型稻之0.03；至於凝集性日本型稻平均值爲0.70，顯著低於印度型稻之0.76；彈力性日本型稻之平均值爲0.83，亦顯著低於印度型稻之

Table 2. The values of texture f 54 rice varieties.

Entry No.[a]	H	-H	-H/H	A2/A1	A3	a2/a1	GUM	CHE	STI	TPI
1	3.82	0.27	0.07	0.69	0.16	0.85	2.64	2.24	0.21	0.47
2	4.09	0.25	0.06	0.70	0.15	0.84	2.86	2.40	0.19	0.47
3	4.16	0.04	0.01	0.67	0.02	0.80	2.79	2.23	0.03	0.06
4	3.99	0.13	0.03	0.67	0.06	0.82	2.67	2.19	0.09	0.19
5	3.70	0.32	0.09	0.67	0.18	0.81	2.48	2.01	0.24	0.48
6	3.85	0.34	0.09	0.69	0.20	0.86	2.66	2.28	0.26	0.60
7	4.24	0.28	0.07	0.72	0.18	0.85	3.05	2.59	0.22	0.58
8	3.90	0.30	0.08	0.70	0.14	0.82	2.73	2.24	0.20	0.46
9	4.27	0.32	0.07	0.73	0.15	0.85	3.12	2.65	0.22	0.58
10	3.85	0.27	0.07	0.71	0.12	0.83	2.73	2.27	0.18	0.41
11	4.17	0.30	0.07	0.71	0.15	0.83	2.96	2.46	0.21	0.52
12	4.08	0.24	0.06	0.69	0.10	0.82	2.82	2.31	0.15	0.36
13	4.45	0.11	0.02	0.71	0.06	0.82	3.16	2.59	0.08	0.21
14	3.85	0.24	0.06	0.69	0.16	0.82	2.66	2.18	0.20	0.43
15	3.77	0.38	0.10	0.67	0.20	0.81	2.53	2.05	0.28	0.56
16	3.96	0.20	0.05	0.70	0.14	0.83	2.77	2.30	0.17	0.38
17	4.22	0.23	0.05	0.68	0.12	0.82	2.87	2.35	0.17	0.39
18	3.81	0.22	0.06	0.77	0.11	0.85	2.93	2.49	0.16	0.39
19	4.25	0.12	0.03	0.70	0.05	0.85	2.98	2.53	0.08	0.20
20	3.67	0.09	0.02	0.69	0.04	0.85	2.53	2.15	0.06	0.13
21	3.81	0.34	0.09	0.70	0.26	0.83	2.67	2.21	0.30	0.66
22	4.19	0.25	0.06	0.73	0.11	0.82	3.06	2.51	0.17	0.42
23	4.21	0.16	0.04	0.73	0.09	0.83	3.07	2.55	0.12	0.31
24	3.83	0.14	0.04	0.70	0.07	0.83	2.68	2.23	0.10	0.22
25	3.81	0.36	0.09	0.66	0.23	0.79	2.51	1.99	0.29	0.57
26	3.49	0.25	0.07	0.67	0.18	0.79	2.34	1.85	0.21	0.39
27	4.07	0.1	0.02	0.69	0.05	0.82	2.81	2.30	0.07	0.16
28	3.87	0.09	0.02	0.74	0.04	0.87	2.86	2.49	0.06	0.15
29	4.27	0.09	0.02	0.74	0.03	0.87	3.16	2.75	0.05	0.14
30	4.07	0.12	0.03	0.74	0.06	0.87	3.01	2.62	0.08	0.22
31	7.29	0	0	0.76	0	0.87	5.54	4.82	0.00	0.00
32	8.57	0	0	0.82	0	0.87	7.03	6.11	0.00	0.00
33	4.39	0	0	0.83	0	0.89	3.64	3.24	0.00	0.00
34	5.66	0	0	0.81	0	0.89	4.58	4.08	0.00	0.00
35	6.55	0	0	0.79	0	0.86	5.17	4.45	0.00	0.00
36	6.38	0	0	0.78	0	0.89	4.98	4.43	0.00	0.00
37	3.10	0.24	0.08	0.62	0.16	0.80	1.92	1.54	0.20	0.30
38	3.65	0.03	0.01	0.66	0.02	0.82	2.41	1.98	0.02	0.05
39	3.60	0	0	0.74	0	0.83	2.66	2.21	0.00	0.00
40	2.66	0.21	0.08	0.71	0.22	0.83	1.89	1.57	0.21	0.34
41	3.39	0	0	0.76	0	0.88	2.58	2.27	0.00	0.00
42	3.13	0.11	0.04	0.76	0.07	0.84	2.38	2.00	0.09	0.18
43	4.67	0	0	0.83	0	0.87	3.88	3.37	0.00	0.00
44	6.08	0	0	0.79	0	0.86	4.80	4.13	0.00	0.00

Table 2. continued.

45	6.16	0	0	0.80	0	0.83	4.93	4.09	0.00	0.00
46	5.37	0	0	0.71	0	0.86	3.81	3.28	0.00	0.00
47	6.04	0	0	0.81	0	0.87	4.89	4.26	0.00	0.00
48	4.32	0	0	0.78	0	0.86	3.37	2.90	0.00	0.00
49	7.39	0	0	0.81	0	0.85	5.99	5.09	0.00	0.00
50	5.00	0.09	0.02	0.75	0.13	0.82	3.75	3.08	0.11	0.33
51	5.49	0	0	0.76	0	0.85	4.17	3.55	0.00	0.00
52	5.67	0	0	0.70	0	0.86	3.97	3.41	0.00	0.00
53	5.49	0	0	0.77	0	0.86	4.23	3.64	0.00	0.00
54	3.67	0.15	0.04	0.71	0.07	0.84	2.61	2.19	0.10	0.22
Mean	4.51	0.14	0.04	0.73	0.08	0.84	3.32	2.81	0.10	0.23
SD	1.18	0.13	0.03	0.05	0.08	0.03	1.07	0.96	0.10	0.21
C. V.	0.3	92.9	75.0	6.8	100.0	3.6	32.2	34.2	100.0	91.3

[1] The same as in table 1.

H: hardness | a2/a1: springiness
-H: viscousness | GUM: gumminess
-H/H: balance | CHE: chewiness
A2/A1: cohesiveness | STI: stickiness
A3: adhesiveness | TPI: textural palatability index

Table 3. Comparsions of texture and its palatability of cooked rice between indica and japonica rice varieties.

Character	Japonica rice ± SD	Indica rice ± SD	Degree of freedoom	t value
Hardness	3.99 ± 0.22	5.16 ± 1.54	24	3.68**
Viscousness	0.22 ± 0.10	0.03 ± 0.07	52	7.81**
Balance	0.05 ± 0.03	0.01 ± 0.02	52	6.28**
Cohesiveness	0.70 ± 0.03	0.76 ± 0.05	32	−4.91**
Adhesiveness	0.12 ± 0.06	0.03 ± 0.06	52	5.44**
Springiness	0.83 ± 0.02	0.85 ± 0.02	52	−3.61**
Gumminess	2.80 ± 0.22	3.97 ± 1.33	24	−4.23**
Chewiness	2.33 ± 0.22	3.40 ± 1.18	25	−4.38**
Stickiness	0.16 ± 0.08	0.03 ± 0.06	52	6.70**
Textural palatability index	0.37 ± 0.17	0.06 ± 0.12	52	8.06**
Overall sensory evaluation	−0.21 ± 0.14	−0.84 ± 0.35	29	8.29**

*, ** Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

0.85；粘結性日本型稻之平均値爲2.80，顯著低於印度型稻之3.97；咀嚼性日本型稻之平均値爲2.33，顯著低於印度型稻之3.40；粘著性日本型稻之平均値爲0.16，顯著高於印度型稻之0.03；食味結構指數日本型稻之平均値爲0.37，顯著高於印度型稻之0.06。而食味總評結果顯示日本型稻顯著較比印度型佳。

三、不同來源地區稻品種間米飯質地之差異

比較五種不同來源之水稻品種在食味官能品評特性之差異，結果如表4所示。結果發現各類型稻於米飯質地特性上有差異存在，其中硬度以IRRI稻最高，而日本稻最低，但IRRI稻與台灣印

Table 4. Multiple comparisons for texture of cooked rice among different sources of rice varieties.

Character	Japanese rice	Taiwanese Japonica rice	IRRI rice	Taiwanese indica rice	American rice
Hardness	3.95b	4.00b	5.70a	4.80ab	5.06a
Viscousness	0.20a	0.22a	0.03b	0.03b	0.05b
Balance	0.05a	0.06a	0.01b	0.01b	0.01b
Cohesiveness	0.68c	0.71bc	0.76a	0.77a	0.74ab
Adhesiveness	0.11a	0.12a	0.02b	0.03b	0.04b
Springiness	0.82c	0.83bc	0.86a	0.85ab	0.85abc
Gumminess	2.69c	2.83bc	4.41a	3.74ab	3.74ab
Chewiness	2.22c	2.36bc	3.83a	3.18ab	3.20ab
Stickiness	0.15a	0.16a	0.03b	0.03b	0.04b
Textural palatability index	0.33a	0.38a	0.04b	0.05b	0.11b

Means with the different letter of a row are significantly different at 5% level by LSD test.

度型稻、美國稻間差異不顯著，而日本稻、台灣日本型稻及台灣印度型稻間差異亦不顯著，但美國稻與日本稻及台灣日本型稻間則有顯著差異；粘性、附著性、均衡性粘著性及食味結構指數均以日本稻、台灣日本型稻較高，且兩者差異不顯著，但與其餘三類型稻間則有差異，而台灣印度型稻、IRRI稻及美國稻三者間則差異不顯著；凝集性以台灣印度型稻最高，但與IRRI及美國稻間差異不顯著，而以日本稻最低，但與台灣日本型稻亦無差異，唯與美國稻間有差異，而台灣日本型稻與美國稻無差異；彈力性以IRRI稻最高，而與台灣印度型稻、美國稻間無差異。台灣印度型稻與美國稻、台灣日本型稻間亦有差異，而日本稻雖與美國稻、台灣日本型稻間無差異存在，但與台灣印度型稻則有顯著的差異，至於粘結性與咀嚼性分析結果與凝集性相似。

四、米飯質地與食味間之關係

在米飯質地特性與食味官能品評特性間的相關分析中（表5），結果發現在印度型稻的分析裡，米飯質地特性與食味總評值間均有極顯著的相關存在，其中食味總評與粘性、均衡性、附著性、粘著性及食味結構指數間均呈顯著正相關，但與其餘五項特性如硬度、凝集性、彈力性、粘結性及咀嚼性間則呈顯著負相關。而官能品評特性中除香味及硬性外，外觀、口味、黏性與米飯質地特性均有顯著相關存在，另食味官能品評特性中的硬性僅與彈力性呈顯著正相關，但與其餘米飯質地特性間的簡單相關係數則不顯著。然日本型稻分析結果則與印度型稻有差異存在，其中硬度、粘性、均衡性、附著性、粘結性、咀嚼性、粘著性及食味結構指數均與印度型稻分析者相同，即食味總評與硬度、粘結性及咀嚼性亦呈顯著負相關，而與粘性、均衡性、附著性、粘著性及食味結構指數均呈顯著正相關，唯凝集性、彈力性二項與食味總評間相關係數並不顯著，而其餘官能品評特性與米飯質地特性間關係亦與印度型稻分析結果有頗多不同，其中外觀與彈力性、咀嚼性間之相關係數不顯著，香味與粘性、均衡性、粘著性及食味指數呈顯著正相關，口味與硬度、附著性、彈力性、粘結性、咀嚼性及食味結構指數間亦不呈顯著相關。至於硬性除與粘結性、咀嚼性呈顯著正相關外，與其它米飯質地特性間均無顯著相關。

據多位學者之研究結果均指出儀器所測得之

Table 5. Correlation coefficients between cooked rice texture and palatability for two types of rice varieties.

Character	Overall sensory evaluation	Appearance	Aroma	Flavor	Cohesion	Hardness
	Indica varieties (N=24)					
Hardness	-0.66**	-0.63**	-0.005	-0.70**	-0.64**	0.23
Viscousness	0.71**	0.66**	-0.05	0.68**	0.75**	-0.30
Balance	0.70**	0.64**	-0.09	0.67**	0.74**	-0.26
Cohesiveness	-0.62**	-0.49*	0.03	-0.58**	-0.58**	0.36
Adhesiveness	0.64**	0.64**	0.09	0.65**	0.68**	-0.34
Springiness	-0.64**	-0.58**	-0.15	-0.58**	-0.62**	0.42*
Gumminess	-0.68**	-0.64**	-0.02	-0.72**	-0.66**	0.27
Chewiness	-0.70**	-0.66**	-0.03	-0.73**	-0.67**	0.29
Stickiness	0.69**	0.66**	0.02	0.68**	0.73**	-0.33
Textural palatability index	0.65**	0.65**	0.15	0.66**	0.68**	-0.39
	Japonica varieties (N=30)					
Hardness	-0.49**	-0.48**	-0.18	-0.19	-0.47**	0.31
Viscousness	0.52**	0.51**	0.40*	0.38*	0.49**	-0.29
Balance	0.56**	0.54**	0.37*	0.37*	0.53**	-0.32
Cohesiveness	-0.31	-0.16	-0.08	-0.37*	-0.24	0.29
Adhesiveness	0.49**	0.45**	0.33	0.33	0.44**	-0.29
Springiness	-0.06	0.07	-0.10	-0.12	-0.03	0.12
Gumminess	-0.49**	-0.42*	-0.16	-0.32	-0.45**	0.36*
Chewiness	-0.43*	-0.33	-0.16	-0.30	-0.45**	0.36*
Stickiness	0.51**	0.49**	0.37*	0.36*	-0.38*	0.33
Textural palatability index	0.47**	0.47**	0.40*	0.34	0.42*	-0.23

*, ** Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

性狀與食味有密切之關係(Okabe,1979；許和宋 1988a, b)，尤其Okabe(1979)指出依據硬度及粘性所繪製之米飯質地圖可區分不同食味表現之水稻品種。因此乃進一步將本次試驗的54品種依硬度及粘性之表現進行米飯質地圖之繪製，結果如圖 2所示。其中 Hokuriku 100、Taikeng1、Taikeng 10、Tainung 67及 Chianung 242等 5個日本型稻品種食味所屬於食味表現優良的A區，而 Taikeng3、Taikeng 4、Taikeng5、Taikeng 6、Hsinchu 56等有5個日本型稻，IR3941-25-1及TaichungSeng 10等2個印度型稻則屬於食味表現佳的B區，而有6個品種食味屬於差但爲可接受的C區，至於其餘36個品種食味均屬於差或不可接受的D或E區。其中大多數的印度型稻食味的表現多屬之。

進一步以米飯質地特性對與食味總評進行逐步迴歸分析，結果印度型稻的模式中包含粘性及咀嚼性兩項，而日本型稻則納入均衡性、粘結性及彈力性三項，其食味模式如表6所示，其中印度型稻的食味模式納入粘性及咀嚼性兩項，模式爲食味總評値=−0.5022+2.28(viscousness)-0.1231(chewiness)，R2値達0.61；而日本型稻的食味模式納入均衡性、粘結性及彈力性等三項，模式爲食味總評値=−1.0486+2.3736(balance)-2862(gumminess)+1.8181(springiness)，R2値達0.45。

討 論

由各品種米飯質地特性之分析結果來看，其中硬度、粘性、均衡性之測定值均較Okabe (1979)研究結果相小（表2），尤其均衡性值均未達0.15~0.2的範圍，其可能是因米飯蒸煮及機器測定的條件不同所致，然由於分析數值與國內學者（許與宋，1988a；許，1994）利用相同條件測定之結果相近，顯示本論文所測定的數值應相當正確。至於由印度型與日本型稻米飯質地特性之比較亦發現兩型稻有顯著不同，其中粘性、均衡性、附著性、粘著性及食味結構指數均以日本型稻表現較高，而硬度、凝集性、彈力性、粘結性及咀嚼性則以印度型稻的平均值較高，從米飯質地特性與食味相關分析中可知粘性、均衡性、附著性、粘著性及食味結構指數等表現較高，而硬度、凝集性、彈力性、粘結性及咀嚼性表現較低者，其食味總評會有較好的趨勢（表5），而由印度型、日本型稻米飯質地特性間之差異，推定食味總評應以日本型稻優於印度型稻是相當合理。其由兩型稻食味總評之比較印證了日本型稻之食味表現確實優於印度型稻（表3）。因此米飯質地特性之表現應可作爲食味良劣之指標。而Yamada and Ishikama (1989)指出印度型稻之咀嚼性遠高於日本型稻，但日本型稻粘性高於印度型稻之結論則與本研究之結果相符，而許(1994)指出粘性及均衡性與食味呈正相關，而硬度與食味呈負相關，許和宋(1988b, c)指出除凝集性外，

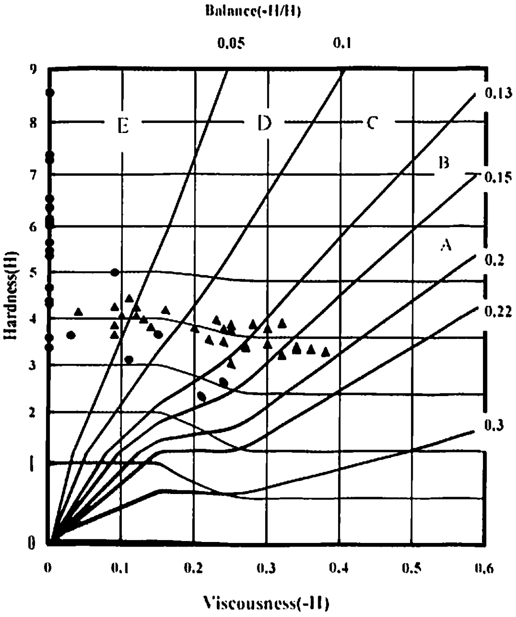

Fig. 2. Texturogram for cooked rice showing zones of acceptability as a function of hardness and viscousness (Okabe, 1979). ▲: Japonica rice; ◆: Indica rice. A: excellent; B: good; C: slight poor, but acceptable; D: poor; E: unacceptable.

Table 6. The best regression equations of cooked rice texture on the palatability for two types of rice varieties.

Variable enter	Parameter estimate	Standard error	Sum of squares	F Value	Probability > F value	Model R^2 value
			Indica varieties (N=24)			
Intercept	-0.5022	0.2095	0.3125	5.75	0.026	
Viscousness	2.2280	0.8910	0.3399	6.25	0.021	0.51
Chewiness	-0.1231	0.0537	0.2853	5.25	0.032	0.10
			Japonica varieties (N=30)			
Intercept	-1.0486	0.8128	0.0195	1.66	0.208	
Balance	2.3736	0.8587	0.0896	7.64	0.010	0.31
Gumminess	-0.2862	0.1141	0.0739	2.89	0.101	0.08
Springiness	1.8181	1.0686	0.0340	6.30	0.019	0.06

米飯質地與食味均呈顯著相關性的結果與本研究之結果亦相符。

在五種不同來源地區之稻品種米飯質地的比較分析中，日本稻及台灣日本型稻之均衡性、粘性、附著性、粘著性及食味結構指數等表現値較高，但硬度、凝集性、彈力性、粘結性及咀嚼性等的表現値較低，而食味表現上則較佳；至於IRRI稻、美國稻及台灣印度型稻的表現則有相反的現象。由於米飯質地特性會因稻品種來源不同而有差異，因此良質米育種時宜愼選親本，以避免較差的品質特性轉入本國栽培稻中，進而影響雜交後代品質之表現。唯本試驗使用的水稻品種除台灣水稻品種數目較多外，其餘類型水稻的品種數目並不多，因此各類型樣品數的不同可能會影響統計分析的結果，使得結論上或有所偏頗。然育種上國外引進品種之使用率相對較國內育成的品種低，因此選用較多的國內水稻品種，試驗結果可對國內常用水稻品種在品質特性上變異的情形提供較眞實的訊息，使得結論範圍可提供國內在品質特性上實際應用。

由米飯質地與食味官能品評特性間相關分析來看，米飯質地與食味存在有密切關係，因此可嘗試利用米飯質地特性來掌握食味之變化。此外，印度型稻、日本型稻間的相關分析結果不盡相同，顯示印度型與日本型稻會因米粒型結構、內容成分含量不同，其米飯質地特性與食味間的關係亦隨之不同。因此印度型稻與日本型稻利用米飯質地特性來掌握食味變化時，宜考慮兩型稻的差別，如此方可增加米飯質地特性推定食味的精確性。再者，由分析結果亦知不論印度型稻、日本型稻分析中，米飯質地特性中的硬度、粘性、均衡性、附著性、粘結性、粘著性及食味結構指數等六項均與米飯食味總評呈顯著相關，因此不論於栽培品種的選擇或良質米育種選拔時，應選擇硬度及粘結性低、粘性、均衡性、附著性、粘著性及食味結構指數高者，如此品種的栽培或獲選的雜交後代其米飯食味應會有較好的表現。

檢視印度型及日本型稻利用米飯質地特性所建立之食味模式，由模式之R^2値均不高，顯示以米飯質地特性推定食味變異之能力仍有不足，因此應再加入其它與食味有關的理化因素來共同掌握食味的變化，諸如許等(1997)和許和吳(1998)利用黏度特性建立之食味模式對食味變異的解釋率均可達80%以上。而由逐步迴歸分析過程選擇變項的結果來看，印度型稻是以粘性爲最重要的影響因素，爲第一個進入模式的變項，其單獨存在於模式時，對食味變異的解釋力可達51%左右。而日本型稻中則以均衡性爲相對重要因素，其單獨存在於模式時對食味變異之解釋力亦可達31%左右（表6），此與Okabe (1979)指出食味與均衡性、粘性有密切關係的結果相類似。

由米飯質地圖畫分品種的結果來看，似乎可利用來畫分不同的食味品種群，此與Okabe (1979)指出依據米飯質地圖可區分不同食味水稻品種群的結論相同。唯若對照各品種實際食味總評値的表現，屬於A區之三個水稻品種Hokuriku 100、Taikeng 1及Taikeng 10其食味總評的表現確實有較佳情形，唯其餘二個品種Tainung 67及Chianung 242的食味總評的表現並不突出。至於B區之七個水稻品種僅IR3941-5-1的表現較對照品種台稉9號佳，其餘品種食味總評的表現則屬於亦不突出。尤其是食味總評的表現較佳的Koshihikari、Akitakomachi、Taikeng 16等品種，若依米飯質地圖區分則多屬於食味群較差的C區及D區，顯示利用米飯質地圖畫分品種食味群表現仍無法有效區分食味的良劣，即以此方式於區分不同食味表現品種群時仍有誤判的現象，

顯示米飯質地圖僅可作做爲初步水稻品種食味良劣區分用，精確的食味良劣評估仍須以食味官能品評或其它與食味有密切關係之理化特性進行之。

由於米飯口感之好壞決定其爲人接受與否之因素，其一般係以食味官能品評結果來判別食味之良劣，因此米飯食味官能品評之結果須具有客觀性及準確性，唯食味良劣的影響因子相當多，如何配合和食味有關之儀器或理化特性之分析來掌握食味變化乃成爲目前重要之研究客題。米飯質地分析儀經多位學者研究結果均指出其與食味總評有密切關係，且由於分析樣品量僅須10克白米，因此頗適合育種早世代樣品量少時利用。而由本次試驗結果發現米飯質地確實與食味有密切之關係，唯此一關係由逐步迴歸分析結果顯示僅利用米飯質地仍無法充分掌握食味之變化，此可能係因食味的影響因子本來就相當多且複雜，因此僅利用米飯質地來解釋食味變化便會有所不足，此由利用米飯質地圖盡分品種群食味時會有誤判之情形亦可印證之。唯儀化測量可降低對食味官能品評之依賴及減少人爲品評結果主觀性的缺失之優點，因此米飯質地分析儀於育種過程中早世代優良食味選拔或無法進行食味官能品評檢驗時，選用此儀器仍是一不錯之考量。

引用文獻

吳永培、許愛娜、陳一心、陳隆澤、黃懿秦。1999。稻米貯藏性蛋白質品種間的差異及其與食味關係之研究。中華農業研究45:1-11。

吳永培、許愛娜、謝兆樞、黃懿秦。2000。白米胺基酸含量品種間之差異及其與食味間之關係。中華農業研究49:1-15。

許愛娜、吳永培。1998。水稻品種白米粉末黏度之研究。台中區農業改良場研究彙報58:43-58

許愛娜、朱德民、白鎌、謝順景。1997。白米粉末黏度特性與米飯食用品質間關係之探討。中華農學會報新180:24-44。

許愛娜。1994。稻米品質理化性質之研究。國立中興大學農藝學研究所博士論文。

許愛娜、宋勳。1988a。稻米物理化學性與食味間相關關係之探討（第一報）。台中區農業改良場研究彙報18:31-39。

許愛娜、宋勳。1988b。稻米食味與其理化性質關連性之探討。91-104頁。稻米品質研討會專集。台灣省台中區農業改良場編印。

許愛娜、宋勳。1988c。稻米理化性狀與食味關係之因子分析。台中區農業改良場研究彙報25:43-53。

掘末登。1983。稻米之米質改良、檢定、分級及運銷。台灣農業19:24-40。

劉慧瑛、林禮輝、宋勳、洪梅珠。1988。不同稻米品種之食用品質與化學性質之關係。76-89頁。稻米品質。台灣省台中區農業改良場編印。

Chikubu, S., S. Watanabe., T. Sugimoto., N. Manabe., F. Sakai and Y. Taniguchi. 1983. Relation between palatability evaluation of cooked rice and physicochemical properties of rice. J. *Jpn. Soc. Starch Sci.* 30:333-341.

Johnson, R. A. and D. W. Wichern. 1982. Applied multivariate statistical analysis. 2nd edition. PP340-360. Prentice Wall International Inc.

Matsue, Y. 1998. Annual and locational variation in physicochemical properties of rice. *Jpn. J. Crop Sci.* 67:30-35.

Matsue, Y., M. Hiramatsu., T. Ogata and K. Odahara. 1997. Physicochemical properties of Japanese native red-kerneled non-glutinous rice cultivars of the Japonica type. *Jpn. J. Crop Sci.* 66:647-655.

Okabe, M. 1979. Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. *J. Texture Studies* 10:131-152.

Okamoto, M., T. Horino and M. Sakai. 1992. Relation of nitrogen content and Mg/K ratio of brown rice to stickiness of cooked rice. *Jpn. J. Bred.* 42:595-603.

Suzuki, H. 1979. Use of the texturometer for measuring the texture of cooked rice. pp 327-341. In: Proc. of the Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality. Int. Rice Res

Inst. Los Bans, Laguna, Philipines.

Yamada, T. E. and M. Ishikawa. 1989. Studies on the texture of cooked rice. III. Varietal differences in the texture of cooked rice. *Jpn. J. Crop Sci.* 58:569-575.

收稿日期：92年7月23日

接收刊登日期：92年8月6日

編　　輯：謝兆樞

通訊作者：吳永培（電話：05-277-1341轉338；傳真：05-277-3630）